



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 199 39 513 A 1**

⑤ Int. Cl.⁷:
B 32 B 3/20

⑲ Aktenzeichen: 199 39 513.6
⑳ Anmeldetag: 20. 8. 1999
㉓ Offenlegungstag: 8. 3. 2001

DE 199 39 513 A 1

㉑ Anmelder:
DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE

㉒ Erfinder:
Gerick, Arndt, Dipl.-Ing., 89075 Ulm, DE;
Lempenauer, Klaus, Dr.-Ing., 89075 Ulm, DE

㉔ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
zu ziehende Druckschriften:

| | |
|----|---------------|
| DE | 39 35 120 C2 |
| DE | 197 36 839 A1 |
| DE | 38 16 517 A1 |
| DE | 25 54 890 A1 |
| US | 51 00 730 |
| EP | 06 36 517 B1 |

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

㉕ Mehrschichtverbundplatten mit Hohlkugelnzwischenlage und Verfahren zur Herstellung von Mehrschichtverbundplatten

㉖ Die Erfindung beinhaltet Mehrschichtverbundplatten sowie ein Verfahren zur Herstellung von Mehrschichtverbundplatten, welche aus zwei äußeren Metall- oder Kunststofftafeln als Deckel- und Bodenplatte besteht, die mit einer variabel gestalteten Zwischenlage aus miteinander verschweißten oder versinterten oder verklebten Kugeln aufgebaut ist.
Die im verklebten Verbund verbleibenden Hohlräume sind vollständig oder partiell durch den Kleber ausgeschäumt. Durch die thermische Behandlung wird der Kleber vollständig oder teilweise ausgehärtet. Im Falle des teilweise ausgehärteten Klebers wird erst nach einem Umformvorgang der Mehrschichtverbundplatte der Kleber durch eine weitere thermische Behandlung vollständig ausgehärtet.

DE 199 39 513 A 1

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf Mehrschichtverbundplatten nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 und auf ein Verfahren zur Herstellung von Mehrschichtverbundplatten nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 10.

Mehrschichtverbundplatten und Verfahren zur Herstellung von Mehrschichtverbundplatten finden im Leichtbau ein breites Anwendungsgebiet. Vor allem in der Verkehrstechnik werden spezifisch leichte Werkstoffe, wie beispielsweise Aluminium oder Faserverbundkunststoffe oder auch hochfeste Karosseriestähle, bevorzugt eingesetzt. Allerdings kann durch den Einsatz von immer festeren Werkstoffen mit zunehmend dünneren Blechstärken zwar die Festigkeitsanforderung erfüllt werden, nicht jedoch die Steifigkeit. Leichtbau stößt vor allem dort an Grenzen, wo geometrisch bedingt durch reduzierte Querschnitte die Bauteilsteifigkeit den Anforderungen nicht mehr genügt.

Eine Lösung bieten geometrische Versteifungen bei niedrigem Flächengewicht, die sogenannte hohe spezifische Steifigkeit. Derartige Mehrschichtverbunde sind bereits in vielfältigen Varianten als Stegbleche, Höcker- und Trapez-Verbundbleche bekannt, bei denen verschiedene, durch Umformung hergestellte Geometrien mit einer innenliegenden stützenden Zwischenlage die Grundlage für technische Lösungen im Leichtbau bilden. Als Zwischenlage eignen sich auch Schaumkernfüllungen mit polymeren Schäumen oder auch metallische Schäume, bis hin zu Kieselgurfüllungen.

Bevorzugte technische Anwendungen findet heute vor allem ein dreischichtiger Werkstoffverbund aus zwei Stahldeckblechen und einer Zwischenlage aus viskoelastischem Material. Diese Art von Verbundblechen werden aufgrund ihrer relativ dünnen Zwischenlage, die auch kaum zur Steifigkeitserhöhung beiträgt, hauptsächlich wegen ihrer schwingungsdämpfenden Eigenschaften herangezogen.

Aus der DE 39 35 120 C2 ein Verfahren zur Herstellung von Mehrschichtverbundplatten bekannt, die aus einer Deck- und Bodenplatte und dazwischenliegend aus einem Stegmaterial aus Draht besteht, das an den Gitterknotenpunkten verschweißt oder verklebt wird. Zwar werden im Verfahrensablauf gegebenenfalls die Gitterknotenpunkte der Zwischenlage flach gewalzt, wobei sich eine größere Auflagefläche zur Deck- und Bodenplatte ausbildet, jedoch können insbesondere die Verbindungsstellen in weit von der neutralen Ebene entfernten Positionen bei einer Umformung dennoch zu stark durch Schubkräfte beansprucht werden und dabei reißen. Sobald im Umformprozeß derart beschädigte Verbindungsstellen auch nur geringfügig auseinanderdriften, werden diese bei flächenhaften Klebern auch durch weitere Prozessschritte nicht mehr verbunden. Als Faustregel gilt dabei für die Umformbarkeit, daß je höher die sog. gewichtsspezifische Steifigkeit einer Struktur ist, desto enger sind die Grenzen, aus einer ebenen Verbundstruktur ein gekrümmtes Bauteil zu formen. Dies gilt prinzipiell auch für Gitter- und Streckmetallverbunde, wo durch das Zusammendrücken der Zwischenlage beim umformen, das Durchprägen der Zwischenlagenstruktur auf die Deckbleche bis hin zum Aufreißen der Deckbleche der Grad der Umformbarkeit beschränkt ist.

Bei den in der Schrift EP 0 636 517 B1 durch ein Herstellungsverfahren beschriebenen komplexeren Strukturen werden die einzelnen Schichten in Mehrschichtverbundplatten mit Dämmschichtzwischenlage mit Hilfe eines Klebers fixiert und gemeinsam umgeformt. Der Schwerpunkt liegt hier besonders auf dem gezielten Umformen von Fahrzeugkarosserieteilen, bei denen mit partiell angebrachten Schweiß- oder Klebeverbindungen ein gewünschtes Umformverhalten erzielt wird und dabei erst in zweiter Linie

ein Erreichen möglichst hoher Steifigkeit angestrebt wird. Aber auch in diesem Fall weisen die Mehrschichtverbundplatten die bereits genannten Nachteile auf. Generell weisen bisherige steifigkeitserhöhende Verbundbleche entweder mangelnde Steifigkeit bei ausreichendem Umformvermögen oder zu geringe Umformbarkeit bei hoher Steifigkeit auf.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine der Umformung zugängliche Mehrschichtverbundplatte sowie ein Verfahren zur Herstellung derselben anzugeben, wodurch in ihrer Materialeigenschaft optimale Steifigkeit in Verbindung mit Korrosionsschutz und einer Schwingungs- und Schalldämpfung erreicht wird.

Die Erfindung wird in Bezug auf die Anordnung durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 und in Bezug auf das Verfahren durch die Merkmale des Patentanspruchs 10 wiedergegeben. Die weiteren Ansprüche enthalten vorteilhafte Aus- und Weiterbildungen der Erfindung.

Die Erfindung ermöglicht die Darstellung von leichten und hochsteifen Mehrschichtverbundplatten, welche aus zwei äußeren Metall- oder Kunststofftafeln als Deck- und Bodenplatte besteht, die mit einer Zwischenlage verbunden sind. Dabei ist die Zwischenlage aus miteinander verschweißten oder verklebten oder versinterten Kugeln variabel gestaltbar aufgebaut.

Hierzu werden entweder massive Kugeln, bevorzugt jedoch Hohlkugeln verwendet, deren Wandstärke nahezu beliebig variiert werden kann. Die Ausführung dieser Zwischenlage erlaubt grundsätzlich mehrere Ausführungsformen:

- 1) eine variable Geometrie der Kugeln, insbesondere bezogen auf deren Wandstärke/Durchmesser Verhältnis
- 2) geordnete oder ungeordnete Kugelanordnungen
- 3) Kugeln gleicher oder unterschiedlicher Größe
- 4) Kugelanordnungen mit Schicht- oder Gradientenstruktur

Auch von der reinen Kugelgestalt abweichende Formen, wie beispielsweise Ellipsoide sind denkbar.

Im Falle des Klebens sind die Kugeln entweder nur an der gemeinsamen Berührungsfläche mit freibleibenden Zwischenräumen verklebt oder es ist der gesamte verbleibende Hohlraum der Zwischenlage durch Klebmasse ausgefüllt. Zum Ausfüllen des Zwischenraumes eignet sich besonders ein aufschäumender Kleber.

Das Verfahren zur Herstellung von Mehrschichtverbundplatten beinhaltet, daß im Falle des Klebens zwischen die zu verbindenden Lagen Kleber eingebracht und der Kleber einer thermischen Behandlung unterzogen wird. Durch die thermische Behandlung wird der Kleber entweder vollständig oder teilweise ausgehärtet, wodurch ein umformbares Hohlkugel-Sandwich entsteht.

Ein teilweise ausgehärteter Kleber wird erst nach einem Umformvorgang der Mehrschichtverbundplatten durch eine weitere thermische Behandlung vollständig ausgehärtet. Mehrschichtverbundplatten, die keiner weiteren Umformung unterzogen werden, können auch mit einem direkt aushärtenden Kleber verklebt werden.

Ein besonderer Vorteil der Erfindung besteht in der exzellenten Umformbarkeit der mehrlagigen Verbundstruktur. Innerhalb des Werkstücks sorgt ein fließender Spannungsübergang für zusätzliche vorteilhafte Werkstoffeigenschaften der durch die Umformung gebildeten hochsteifen Struktur im Gebrauchszustand. Die Kugel- oder Hohlkugelmehrschicht ermöglicht eine große Aufbauhöhe des Sandwiches von mehreren Millimetern bis Zentimetern bei niedrigem spezifischen Gewicht. Da infolge der Übertragung der

Schubspannung diese Aufbauhöhe mit der 3. Potenz zur Gesamtsteifigkeit beiträgt, wird gewichtsspezifisch eine hohe Steifigkeit des Gesamtverbundes erzielt. Ebenfalls Vorteile ergeben sich aus der Möglichkeit komplexere, vorgeformte Geometrien (z. B. Karosserieteile) der Deckel- und Bodenplatte mit einer Kugelzwischenlage zu befüllen. Zudem wird durch eine Auskleidung der innenliegenden Metalloberfläche durch den aufschäumenden Kleber ein wirkungsvoller Schutz vor Korrosion bewirkt. Ein weiterer Vorteil ergibt sich aus einer Verbesserung im Dämpfungsverhalten von Schall und Vibration und bezüglich der thermischen Dämmung.

Im folgenden wird die Erfindung anhand von vorteilhaften Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf schematische Zeichnungen in den Figuren näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 Prinzipieller Aufbau einer geklebten Mehrschichtverbundplatte mit ungeordneter Kugelzwischenlage,

Fig. 2a Geordnete Anordnung von Kugeln in der Zwischenlage,

Fig. 2b Anordnung der Kugeln in der Zwischenlage im umgeformten Zustand,

Fig. 3a Mehrschichtverbundplatte mit Gradientenstruktur,

Fig. 3b Mehrschichtverbundplatte mit Gradientenstruktur im umgeformten Zustand.

In einem ersten Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 wird der prinzipielle Aufbau einer geklebten Mehrschichtverbundplatte mit einer Zwischenlage 3 aus ungeordneten Kugeln zwischen einem Deck- 1 und Bodenblech 2 verwendet. Eine optimale Raumauffüllung wird durch unterschiedlich große Kugeln 4 erzielt. Der Zwischenraum ist vollständig mit Kleber 5 ausgefüllt. Statt einer Verwendung von Kleebern ist auch jederzeit eine Verbindung der Kugeln an deren Berührungsstellen untereinander mittels einer geeigneten Schweißtechnik möglich. In diesem Fall werden üblicherweise die Hohlräume zwischen den Kugeln nicht ausgefüllt.

Eine bevorzugte Verwendung beruht darauf, daß es im Vergleich zu anderen als Zwischenlage verwendeten Waben-, Steg-, oder Gitterstrukturen eine breitere Auswahlmöglichkeit des Werkstoffs (z. B. Karosseriestähle, Edelstähle, Aluminiumlegierungen und sogar keramische Werkstoffe) als auch infolge der Kugelanordnung die benötigte Variabilität des Materials als Zwischenlage gewährleistet. Die Variabilität in der Geometrie besitzt nicht zuletzt einen wesentlichen Einfluß auf die Eigenschaften der Verbundstruktur und insbesondere deren Verformbarkeit.

Ein weiterer wesentlicher Bestandteil der Mehrschichtverbundplatte, der ebenfalls das Umformverhalten bestimmt, ist die Anordnung der Kugeln. In Fig. 2a ist eine Zwischenlage dargestellt, bei der sich die Kugeln 4 in der Klebermatrix um Ursprungszustand nicht berühren und erst im umgeformten Zustand gemeinsame Kontaktflächen untereinander ausbilden. Durch pastöse noch nicht vollständig ausgehärteten Klebstoffe wird eine gute Verformbarkeit der Verbundstruktur gewährleistet. Auch noch im Anschluß an eine Aushärtung kann die Platte jedoch noch einem Umformprozeß unterzogen werden.

Prinzipiell berechnet sich die Gesamtbiegesteifigkeit aus dem Produkt von axialem Flächenträgheitsmoment I_A und dem E-Modul des Verbundes ($D_{ges} = I_A \cdot E$), wobei das Trägheitsmoment eines flächigen Verbundwerkstoffes im wesentlichen von der Verbundaufbauhöhe ($I_A \sim h^3$) bestimmt wird. Dieser Effekt kann dadurch verstärkt werden, daß in die äußeren Bereiche des Sandwiches im Vergleich zu Bereichen entlang der neutralen Faser ein höherer Massenteil angeordnet wird (Fig. 3a und 3b im umgeformten Zustand).

Hieraus folgt, daß eine mittige Schichtung in den Berei-

chen der neutralen Faser von Kugeln mit großem Verhältnis von Außendurchmesser zu Wandstärke und darauf aufbauend Kugeln mit umgekehrtem Verhältnis an den Außenbereichen der Zwischenschicht zu einem gewichtsspezifisch höheren Trägheitsmoment und damit Steifigkeit führen, als die Anordnung mit gleichen Kugelgeometrien. Zudem ergibt sich eine enorme Variationsmöglichkeit aus definiert eingestellten Schichtungen der Hohlkugeln mittels Anordnungen von Kugeln mit unterschiedlichen Außendurchmessern oder Wandstärken in symmetrischen Packungsfolgen.

Im Herstellungsverfahren werden vorteilhafterweise poröse und/oder aufschäumende Klebstoffsysteme zum Fügen der Verbundstruktur verwendet. Bevorzugte Anwendungen finden pastösen Klebstoffe, die erst während der thermischen Aushärtung entsprechend gleichmäßig aufschäumen oder auch Klebstoffe, die in Verbindung mit Polymeren eingesetzt werden, die die Hohlräume ausfüllen. Das Härten des Klebstoffes kann sowohl in einem Schritt als auch in definierten Teilhärteschritten erfolgen. Durch Auslegen des Temperatur/Zeit-Zyklus kann das Umformvermögen der Verbundstruktur beim Aushärten gesteuert werden.

Der Klebstoff füllt die Hohlräume der Verbundstruktur weitgehend aus und bildet damit eine zusätzliche Verankerungsschicht, die bei einer Belastung der Mehrschichtverbundplatte zu einem fließenden Spannungsübergang und demzufolge zu einer höheren Belastbarkeit führt.

Ein Zusatznutzen entsteht, wenn bei Verklebung von korrosionsanfälligen Werkstoffen (z. B. übliche Karosseriestähle) ein Klebstoff verwendet wird, der eine Korrosionsschutzfunktion übernimmt. Das innenseitige Abdecken von Deck- und Bodenblechen durch die Klebmasse und das ganzflächige Umschließen der Hohlkugeln verhindert die Korrosion der Verbundstruktur. Dies ist insbesondere von Bedeutung, weil die fertige Verbundstruktur Hohlräume aufweist, die durch keine praktikable Korrosionsschutzmaßnahme, wie beispielsweise Verzinken oder Lackieren, nachträglich zu schützen sind. Dabei ist nicht unbedingt erforderlich, daß die Hohlräume vollständig ausgeschäumt werden, sondern lediglich bis zur vollständigen Bedeckung der innenliegenden freien Oberfläche.

Als Werkstoffe finden alle leicht umformbaren Materialien, insbesondere weiche unlegierte Stähle (Tiefziehgüten), aus Korrosionsschutzgründen auch legierte rostfreie Stähle und Aluminiumlegierungen sowie für spezielle Anwendungen für hohe Temperaturen Titan, Nickel- und Superlegierungen Verwendung. Als Kugelfüllung kommen auch keramische Werkstoffe in Betracht.

Die Erfindung ist in Bezug auf die Zwischenlage nicht ausschließlich auf die reine Kugelgestalt der Kugeln begrenzt. Unter Kugeln sind beispielsweise auch von der rein sphärischen Gestalt abweichende elliptische und andere abgerundete Geometrien zu verstehen, aus denen sich eine erfindungsgemäße Zwischenschicht aufbauen läßt.

Patentansprüche

1. Mehrschichtverbundplatte, welche aus zwei äußeren Metall- oder Kunststofftafeln als Deckel- (1) und Bodenplatte (2) bestehen, die mit einer Zwischenlage (3) verbunden sind, **dadurch gekennzeichnet**,
- daß die Zwischenlage (3) variabel gestaltet aus miteinander verschweißten oder versinterten oder verklebten Kugeln (4) aufgebaut ist.
2. Mehrschichtverbundplatte nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Kugeln (4) aus Hohlkugeln bestehen.
3. Mehrschichtverbundplatte nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Durchmesser der Ku-

geln (4) einheitlich ist.

4. Mehrschichtverbundplatte nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Durchmesser der Kugeln (4) im Wandstärken/Durchmesserverhältnis variable Geometrie besitzt.

5. Mehrschichtverbundplatte nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Kugeln (4) eine ungeordnete Anordnung bilden.

6. Mehrschichtverbundplatte nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Kugeln (4) eine geordnete Anordnung bilden.

7. Mehrschichtverbundplatte nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Kugelanordnung der Durchmesser der Kugeln (4) von der Mitte der Zwischenlage (3) zur Deck- und Bodenplatte hin eine Gradientenstruktur bildet und abnehmend ist oder eine Schichtstruktur bildet.

8. Mehrschichtverbundplatte nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß im Falle des Klebens, die Kugeln (4) nur an der gemeinsamen Berührungsfläche verklebt sind.

9. Mehrschichtverbundplatte nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß im Falle des Klebens, die Kugeln (4) der gesamte verbleibende Hohlraum der Zwischenlage durch Klebmasse oder Polymer ausgefüllt ist.

10. Verfahren zur Herstellung einer Mehrschichtverbundplatte nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß im Falle des Klebens, zwischen die zu verbindenden Lagen Kleber eingebracht und der Kleber einer thermischen Behandlung unterzogen wird.

11. Verfahren zur Herstellung einer Mehrschichtverbundplatte nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß durch die thermische Behandlung der Kleber vollständig oder teilweise ausgehärtet wird.

12. Verfahren zur Herstellung einer Mehrschichtverbundplatte mit teilweise ausgehärtetem Kleber nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß erst nach einem Umformvorgang der Mehrschichtverbundplatte der Kleber durch eine weitere thermische Behandlung vollständig ausgehärtet wird.

13. Verfahren zur Herstellung einer Mehrschichtverbundplatte nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Mehrschichtverbundplatte mittels Sintern oder Schweißen verbunden wird.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

50

55

60

65

FIG.1

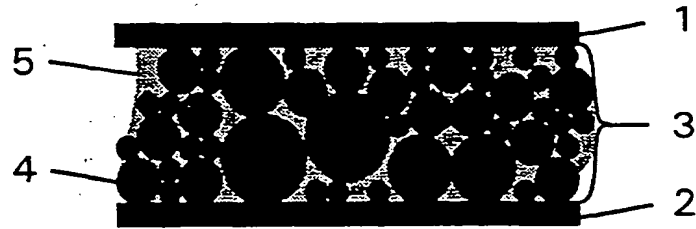


FIG.2

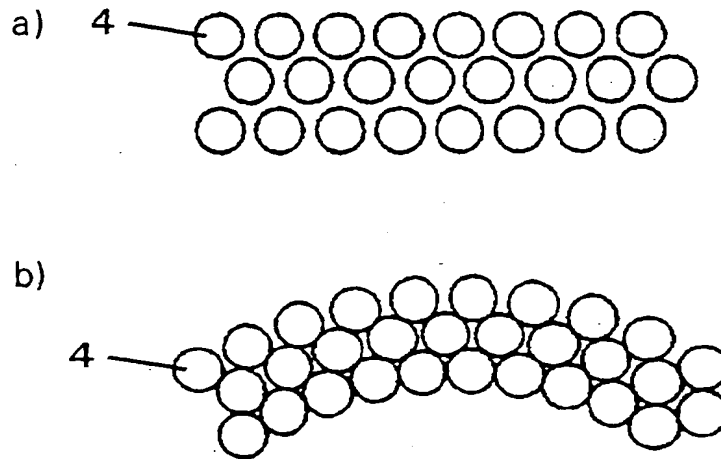
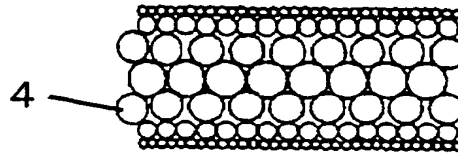


FIG.3

a)



b)

